

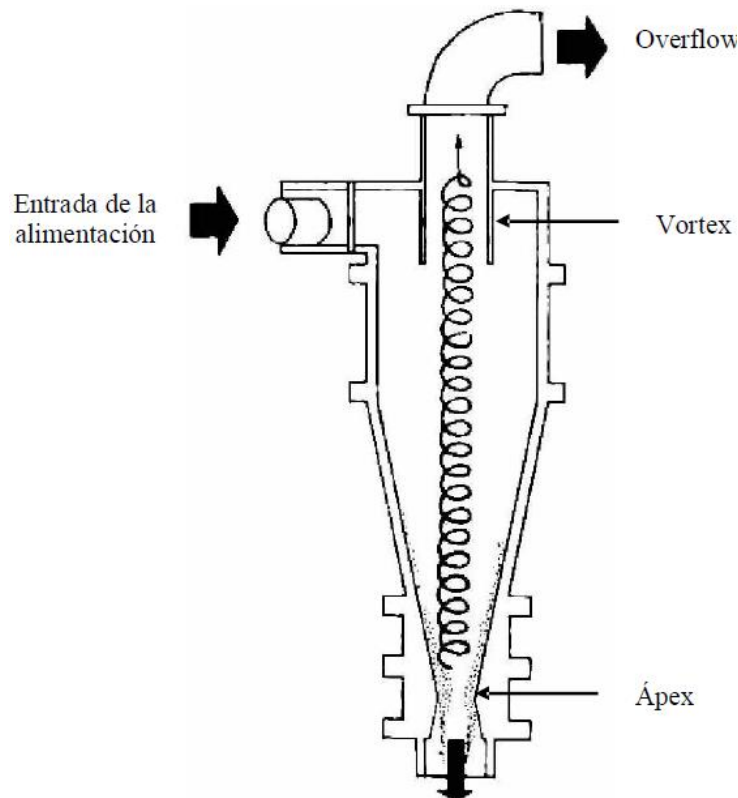
UNIDAD IV: HIROCICLONES

INTRODUCCION

Es un equipo de operación continua que utiliza la fuerza centrífuga para acelerar la sedimentación de las partículas. Es uno de los equipos más importantes usados en la industria minera, y hay más de 50 tipos de hidrociclones fabricados en el mundo.

Su principal uso en la concentración de minerales es la de clasificar, ha demostrado ser un equipo eficiente para separar partículas finas. Se está usando en forma ascendente en los circuitos cerrados de molienda, pero se han encontrado otros usos, tal como deslamador y como espesador.

Un hidrociclón típico podemos ver en la figura, el cual consta de un recipiente cónico abierto en la parte inferior, boquilla de descarga (apex) unido a una sección cilíndrica el cual tiene un ingreso de pulpa tangencial. La parte superior del cilindro es cerrada con una plancha a través de la cual pasa un tubo central, boquilla de descarga (overflow). La cañería se extiende dentro el cuerpo del ciclón por medio de una sección corta y removible conocida como vortex, el cual previene un cortocircuito de la alimentación hacia el overflow.



La presión hidrostática acelera la velocidad de la pulpa, la cual ingresa al ciclón a través de una boquilla de ingreso tangencial. Mediante el efecto de estrangulación del paso de la parte cónica inferior la pulpa rotante se separa en dos flujos de pulpa, uno que cae hacia fuera y otro que sube por la parte interna. De esta manera, el material pesado o material grueso se concentra hacia las paredes del ciclón, siendo expulsado por la parte inferior (ápex) y el material liviano o material fino, por la parte superior central del ciclón (vortex).

FACTORES QUE AFECTAN LA OPERACIÓN

Un hidrociclón estándar es aquel que posee las relaciones geométricas entre su propio diámetro, área de entrada, abertura de rebalse (vortex), abertura de descarga (ápex) y el largo adecuado para proveer mayor tiempo de permanencia de las partículas dentro del hidrociclón para la clasificación de las partículas.

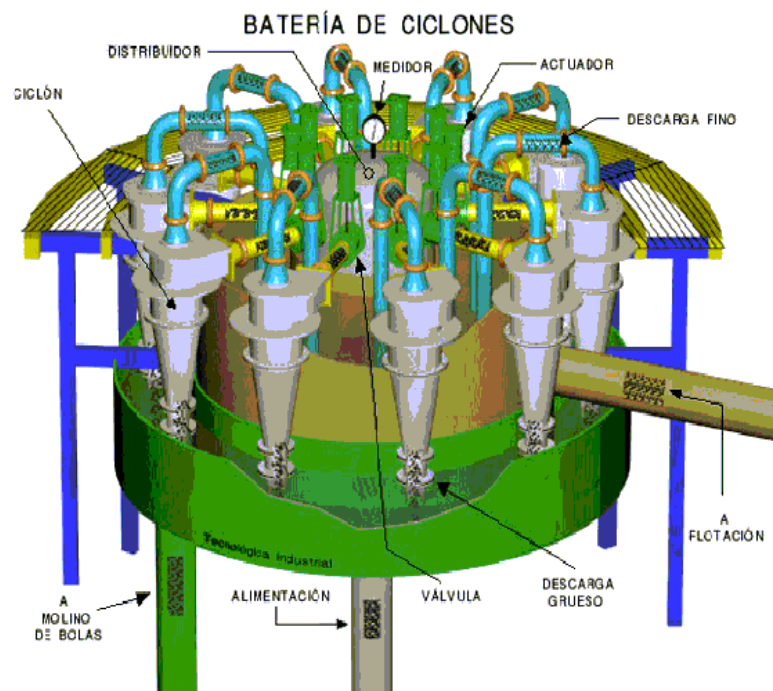
La capacidad y las características de clasificación de las partículas para cada hidrociclón pueden ser modificados en un rango amplio por medio de selección de los parámetros, como por ejemplo a menor diámetro del hidrociclón y vortex se reducirá su capacidad, pero permitirá una clasificación más fina.

1. La abertura de entrada a la cámara de alimentación, es normalmente un orificio rectangular. El valor de área de la abertura corresponde a un 7% del área de la sección cilíndrica. El tamaño d50 se incrementa al aumentar el diámetro de la entrada.
2. El parámetro más importante es quizás el diámetro del cuerpo cilíndrico o del hidrociclón, puesto que el tamaño de separación de las partículas depende principalmente de su diámetro. La separación de partículas pequeñas requiere de hidrociclones pequeños y la separación de partículas mayores requiere de hidrociclones grandes.
3. La función del ángulo de la sección cónica es proveer el tiempo de retención de las partículas. Con el incremento de la longitud, el tamaño de corte se disminuye.
4. Vortex: su principal función es controlar el tamaño de separación y el flujo de salida de la pulpa, su altura se extiende por debajo de la entrada de alimentación para impedir el corto circuito del flujo de alimentación hacia el flujo de rebalse. El tamaño d50 de la partícula se incrementa al aumentar el diámetro del vortex.

5. **Ápex:** el diámetro del orificio de descarga de gruesos está determinado para cada aplicación y debe ser lo suficientemente grande para permitir que las partículas gruesas separadas por ciclón se descarguen sin atochamiento, así como para el ingreso de aire que será establecida a lo largo del eje del hidrociclón y descargada a través del overflow. Su relación con el tamaño d_{50} de la partícula es de proporción inversa, es decir, a mayor diámetro de ápex menor d_{50} .

CLASIFICACION DE HIDROCICLONES

Debido a las diferentes necesidades surgidas en el tratamiento de minerales, los hidrociclones han debido evolucionar, tanto en forma como en tamaño. Ello ha obligado a los investigadores y constructores a desarrollar equipos que, en ocasiones, guardan poco parecido con la imagen de un hidrociclón convencional. Por ello, parece necesario intentar clasificarlos, detallando sus diferencias constructivas y campos de aplicación.



De acuerdo a su geometría podrían clasificarse en dos grandes grupos:

1. Cónicos.
2. Cilíndricos.

Dentro del primer grupo se incluirán los de cono pronunciado y los de cono tendido. El segundo grupo recogería los cilíndricos de fondo plano y descarga periférica, y los cilíndricos con descarga central.

1. Hidrociclones Cónicos:

Como se ha mencionado anteriormente, los hidrociclones cónicos, o convencionales, podrían subclasificarse de acuerdo al ángulo de su parte cónica en: cónicos de cono pronunciado y de cono tendido.

a) Cónicos de cono pronunciado (convencionales):

Este grupo comprende aquellos hidrociclones con ángulo menor de 20° , caracterizados por un cuerpo relativamente largo debido a su conicidad.

Este tipo de diseño se acompaña con partes cilíndricas de gran longitud (mayor que una vez el diámetro), y toberas de alimentación y rebose de pequeñas dimensiones, para aumentar el tiempo de residencia.

Esto, debido a la gran altura libre de vórtice, (distancia entre el borde inferior de la tobera de rebose y el vértice de la parte cónica), y su influencia inversamente proporcional al tamaño de corte, les hace los más adecuados para clasificaciones finas, como se requiere en operaciones de clarificación y espesado.

Este es el tipo más difundido, especialmente en el tratamiento de minerales industriales donde a menudo se requieren clasificaciones más finas.

b) Cónicos de cono tendido:

Los hidrociclones de cono tendido o ancho mayor de 20° , son usados principalmente para clasificar tanto por tamaño como por densidad (clasificación selectiva). El ángulo de su parte cónica varía entre 20° y 45° , aunque excepcionalmente pueden encontrarse hidrociclones con hasta 160° .

Como es lógico, al disminuir el tiempo de residencia de la pulpa en el interior del hidrociclón, por su menor longitud, aumenta el tamaño de separación. Ello trae como consecuencia que estos hidrociclones no alcancen una elevada recuperación de sólidos, pero sí presentan una mejor selectividad.

2. Hidrociclones Cilíndricos:

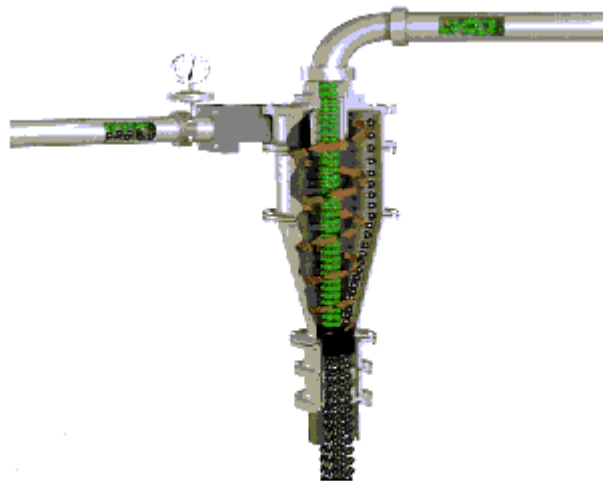
Podrían incluirse dentro de la clasificación anterior, como hidrociclones de cono tendido, pero debido a que exteriormente no se aprecia nada más que su cuerpo cilíndrico por su ángulo de 180°, es decir, fondo perpendicular a la pared lateral, y también porque su campo de aplicación difiere notablemente de aquellos, merecen un tratamiento diferenciado.

a) Con descarga periférica:

Consisten básicamente en un hidrociclón convencional del cual se ha eliminado su zona cónica, reemplazándola por una parte cilíndrica de similar longitud. El fondo del ciclón es plano y la extracción del producto grueso se realiza tangencialmente por la zona baja de la pared cilíndrica.

b) Con descarga central (fondo plano):

Este diseño difiere del anterior, en que la descarga se realiza de modo convencional, es decir, a través de un orificio central.

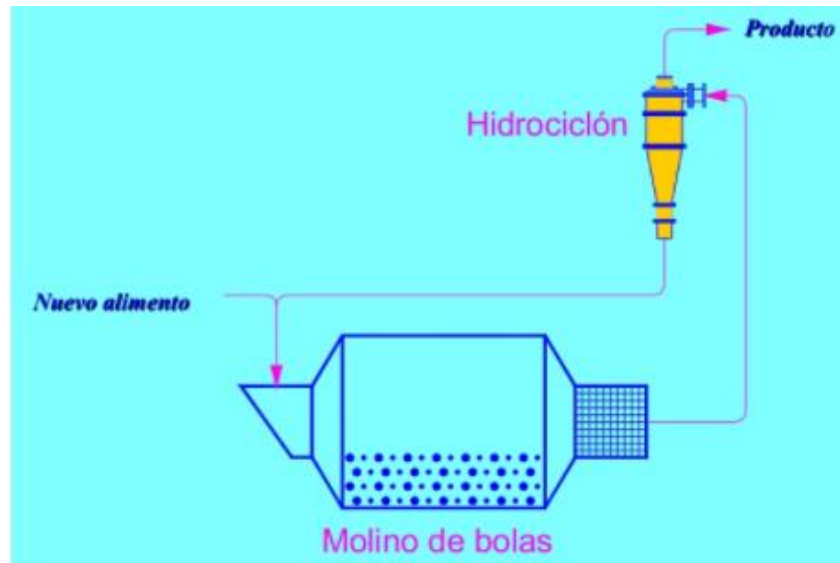


Hidrociclón con descarga central

HIDROCICLONES EN EL CIRCUITO DE MOLIENDA

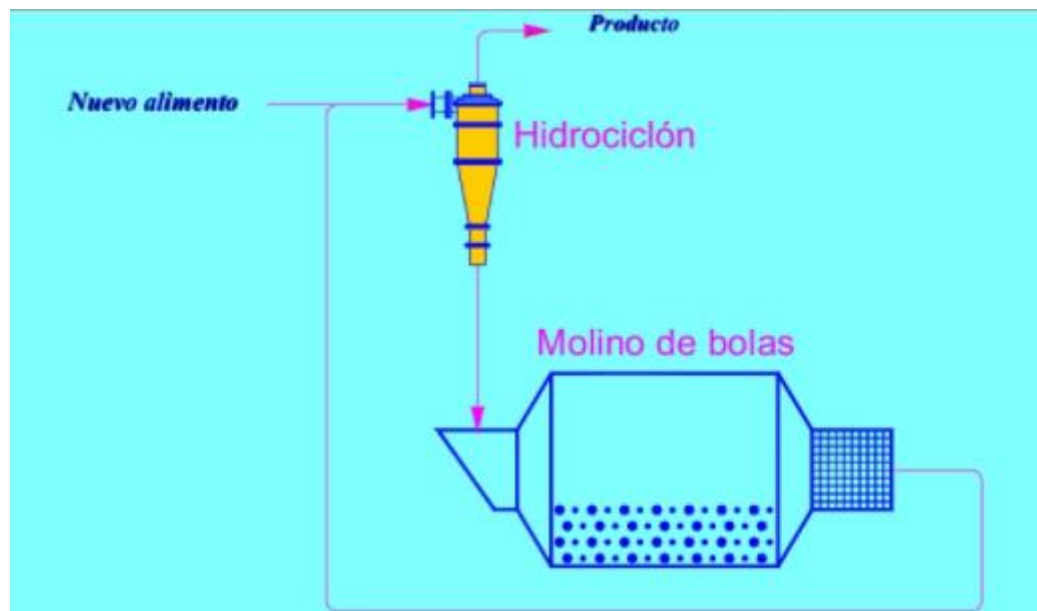
Circuito cerrado directo.

En este circuito, la pulpa proveniente de la trituración va directamente al molino, la descarga del cual es alimentado al hidrociclón para su respectiva clasificación. El overflow es el producto, y el underflow retorna al molino para que sea remolida conjuntamente con el nuevo alimento.



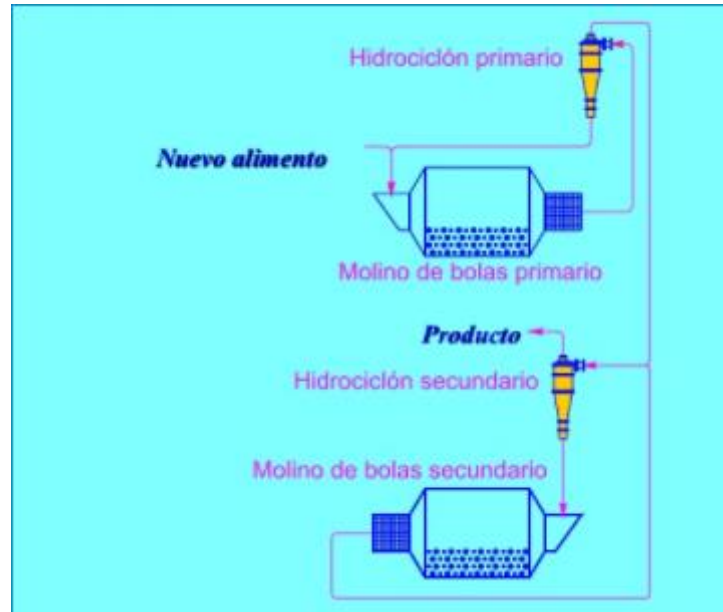
Circuito cerrado inverso.

En este circuito, la pulpa de alimentación al circuito y la descarga del molino se mezclan y son clasificados en el mismo hidrociclón. El overflow es el producto, y el underflow retorna hacia el molino para su posterior remolienda.



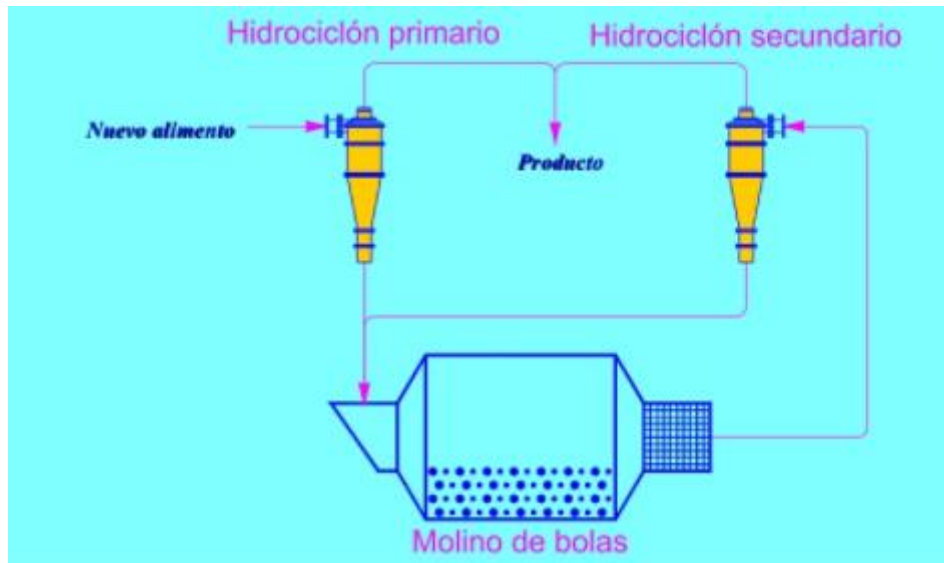
Circuito de molienda directa con remolienda.

En este circuito el alimento ingresa al molino primario, la descarga se va al hidrociclón primario, el underflow retorna al molino y el overflow se mezclan con la descarga del molino para que sean clasificados en el hidrociclón secundario. El overflow es el producto mientras que el underflow retorna al molino para su remolienda.



Circuito de molienda con dos etapas de clasificación.

En algunos casos para optimizar el performance de los ciclones es necesario utilizar dos hidrociclones. El alimento del circuito como alimento del hidrociclón primario, el overflow de ambos ciclones es el producto, mientras que el underflow de ambos es el alimento del molino. La descarga del molino es el alimento al ciclón secundario.



APLICACIONES

Los ciclones se usan en:

- Espesamiento de pulpas de tamaño de grano finísimo, suspensiones, etc.
- Deslame.
- Clasificación, por ejemplo, para trituración cuidadosa con preclasificación y clasificación intermedia en circuitos de molienda.
- Clasificación selectiva por ejemplo., de dos materiales finos diferentes pesos específicos (por ejemplo arena de cuarzo, caolín).
- Concentración o clasificación para enriquecimiento de fracciones finas de minerales pesados, por ejemplo en los minerales de oro, estaño, wolframita.

Entre los usos especiales podemos mencionar la concentración en medios densos en ciclones de pulpa pesada. La separación se lleva a cabo en una pulpa con magnetita o FeSi (ferró silicio) con una densidad de pulpa controlada. El material pesado es recuperado luego de la pulpa mediante separación magnética. Las mejores experiencias se realizaron con materiales pesados los que debido a su forma de grano redondeado y a su proceso de fabricación conducen a:

- Menor viscosidad de la pulpa.
- Mayor resistencia a la corrosión.

- Menor desgaste mecánico del polvo.
- Menor desgaste mecánico de la máquina.
- Menores fuerzas de adhesión a la superficie de los productos beneficiado.

La clasificación con hidrociclones previa a equipos de concentración como separadores helicoidales, mesas donde se concentra principalmente según la superficie del grano expuesta al flujo, conduce a procesos de concentración con grados mucho mayores de separación que si se clasificara mediante cribas.

La parte de desgaste más importante del ciclón es la boquilla inferior de descarga (ápex), por la cual atraviesa la fracción gruesa con una presión relativamente alta. Para una prolongación del tiempo de vida del ciclón se usan las siguientes boquillas de descarga:

- Revestimiento de porcelana dura.
- Boquillas cambiables de material resistente al desgaste (goma, poliuretano, porcelana dura).
- Boquillas de goma regulables neumáticas.
- Boquillas de goma regulables manualmente.